

REC'D 20 JAN 2005

IB/2004/052863

WIPO

PGT



Europäisches
Patentamt

European
Patent Office

Office européen
des brevets

Bescheinigung

Certificate

Attestation

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

Patentanmeldung Nr. Patent application No. Demande de brevet n°

04100021.7



**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Der Präsident des Europäischen Patentamts;
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets
p.o.

R C van Dijk



Anmeldung Nr:

Application no.: 04100021.7 ✓

Demande no:

Anmeldetag:

Date of filing: 07.01.04 ✓

Date de dépôt:

Anmelder/Applicant(s)/Demandeur(s):

Philips Intellectual Property GmbH

20099 Hamburg

ALLEMAGNE

Koninklijke Philips Electronics N.V.

Groenewoudseweg 1

5621 BA Eindhoven

PAYS-BAS

Bezeichnung der Erfindung/Title of the invention/Titre de l'invention:

(Falls die Bezeichnung der Erfindung nicht angegeben ist, siehe Beschreibung.

If no title is shown please refer to the description.

Si aucun titre n'est indiqué se référer à la description.)

AMR-Sensorelement zur Winkelmessung

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s)
revendiquée(s)

Staat/Tag/Aktenzeichen/State/Date/File no./Pays/Date/Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation/International Patent Classification/
Classification internationale des brevets:

G01D5/16

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten/Contracting states designated at date of
filing/Etats contractants désignées lors du dépôt:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LU MC NL
PT RO SE SI SK TR LI

BESCHREIBUNG

AMR-Sensorelement zur Winkelmessung

Die Erfindung betrifft einen Magnetoresistiven Winkelsensor mit einer Sensoreinrichtung zur Erfassung eines Winkels α eines äußeren Magnetfelds relativ zu einer
5 Referenzachse der Sensoreinrichtung.

Magnetoresistive Sensoren werden üblicherweise zur Winkelerfassung in der Kraftfahrzeugtechnik benutzt, um unter anderem eine Pedalstellung oder die Stellung einer Drosselklappe zu überwachen und zu steuern. Ein Magnetoresistiver Winkelsensor
10 besteht dabei im Allgemeinen aus zwei um 45° zueinander versetzten Wheatstoneschen Brücken, die einem äußeren Magnetfeld ausgesetzt werden. Die beiden Brücken liefern in Abhängigkeit eines Winkels α des äußeren Magnetfelds relativ zu einer Referenzachse des Sensors bzw. der durch die Brücken gebildeten Sensoreinrichtung jeweils winkelabhängige Spannungs-Ausgangssignale, die in dem Fachmann bekannter Weise
15 mit der folgenden Beziehung wiedergegeben werden können:

$$U_1 = U_0 \sin(2\alpha)$$

$$U_2 = U_0 \cos(2\alpha)$$

20 dabei sind U_1 und U_2 die Spannungs-Ausgangssignale der beiden Brücken, U_0 ist die Spannungs-Amplitude des Ausgangssignals, das u. a. abhängig von der Umgebungstemperatur ist, und α ist der Winkel des äußeren Magnetfelds zu der Referenzachse der Sensoreinrichtung.

25 Aus diesen Ausgangssignalen wird z. B. mit Hilfe des CORDIC-Algorithmus der Winkel α des äußeren Magnetfelds relativ zum Sensor bzw. zu den Brücken berechnet. Zur Durchführung dieses Algorithmus müssen die analogen Ausgangssignale der Brücken mit einem Analog/Digital-Wandler in digitale Signale umgewandelt werden.

Der Winkel α des äußeren Magnetfelds relativ zum Sensor wird dann mit der ebenfalls bekannten Beziehung:

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctan(U_1/U_2) = \frac{1}{2} \arctan(\sin(2\alpha)/\cos(2\alpha))$$

5

z. B. mit hierfür geeigneten digitalen Signalverarbeitungsmitteln ermittelt. Unter Berücksichtigung des Vorzeichens der Ausgangsspannung U_2 lässt sich der Winkel α mit Hilfe der arctan-Funktion über 180° mit extrem hoher Genauigkeit berechnen.

- 10 Die Wheatstoneschen Brücken zur Realisierung einer Sensoreinrichtung sind dabei üblicherweise in Form mäanderförmig angeordneter Widerstände in einer AMR-Schicht ausgebildet. Als nachteilig hierbei ist es anzusehen, dass aufgrund von Herstellungstoleranzen beim Ätzen der mäanderförmigen Widerstandsstrukturen relativ große Offset-Signale erzeugt werden, die als Fehler unmittelbar in die Winkelmessung eingehen.
- 15 Besonders an den Kanten der mäanderförmigen Strukturen können Unterätzungen auftreten, die ein starkes Offset-Signal verursachen. Dieser Offset muss bei der Auswertung der von den Brücken erhaltenen Ausgangssignale mit einer technisch aufwendigen Auswerteeinheit berücksichtigt werden.
- 20 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Magnetoresistiven Winkelsensor anzugeben, der aufgrund seines Aufbaus ein wesentlich kleineres Offset-Signal aufweist und damit genauere Messungen ermöglicht, wobei das Ausgangssignal unmittelbar einer Auswertung zuführbar ist. Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

25

Der Kerngedanke der Erfindung besteht darin, dass die mehreren mäanderförmig ausgebildeten Widerstände einer Wheatstoneschen Brücke durch eine einzige durchgängige und flächige AMR-Schicht ersetzt werden, wobei die AMR-Schicht einen elektrischen Kontakt zum Anlegen eines Stromes aufweist. Des weiteren sind mehrere

30 elektrische Kontakt an der AMR-Schicht ausgebildet, um einen Stromfluss von dem

erstgenannten elektrischen Kontakt jeweils zu einem der mehreren elektrischen Kontakte erfassen zu können. Dabei wird die Tatsache ausgenutzt, dass beim Anlegen eines äußeren Magnetfelds die AMR-Schicht in derjenigen Richtung ihren größten elektrischen Widerstand aufweist, in der ein äußeres Magnetfeld anliegt. Dementsprechend weist sie ihren geringsten Widerstand senkrecht zu dieser Richtung des äußeren Magnetfelds auf. Daher kann durch die Ermittlung der Stromflüsse zwischen den mehreren elektrischen Kontakten und dem einen elektrischen Kontakt zum Zuführen eines elektrischen Stroms die Richtung des äußeren Magnetfelds relativ zu der AMR-Schicht dadurch bestimmt werden, dass derjenige Kontakt ermittelt wird, durch welchen der geringste Strom fließt.

Dabei kann die äußere Formgebung der AMR-Schicht im Wesentlichen beliebig gewählt werden. Vorzugsweise ist sie wie im folgenden beschrieben ausgebildet. Ebenso kann die Anzahl der elektrischen Kontakte zum Messen eines Stromflusses im Wesentlichen beliebig gewählt werden, theoretisch kann eine unbegrenzte Anzahl an elektrischen Kontakten vorgesehen sein. Der Abstand der mehreren elektrischen Kontakte von dem einen elektrischen Kontakt zum Anlegen eines Stroms muss ausreichend groß gewählt werden, um einen hinreichenden Stromfluss senkrecht zur Richtung eines äußeren Magnetfelds zu erhalten.

Der Vorteil der Erfindung besteht darin, dass durch die flächige Ausgestaltung der magnetoresistiven AMR-Schicht Unterätzungen am Rand der AMR-Schicht praktisch keinen Einfluss auf das Messergebnis haben, da die Länge des Randes im Verhältnis zur Fläche der AMR-Schicht wesentlich kleiner ist als bei den bekannten mäanderförmigen Strukturen einer Wheatstoneschen Brücke. Dadurch werden die Ausgangssignale praktisch nicht mehr verfälscht bzw. mit einem Offset-Signal versehen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Mit einer im Anspruch 2 angegebenen Ausgestaltung der AMR-Schicht ist erreicht, dass die Sensoreinrichtung bezüglich aller möglichen Ausrichtungen des äußeren

Magnetfelds symmetrisch ausgebildet ist. Somit kann die Sensoreinrichtung bzw. der damit ausgestattete Magnetoresistive Winkelsensor einen beliebigen Winkel zwischen dem äußeren Magnetfeld und der kreisförmigen AMR-Schicht erfassen.

- 5 In vorteilhafter Weise ist bei einer kreisförmigen AMR-Schicht der elektrische Kontakt zum Anlegen eines Stroms im Mittelpunkt der kreisförmigen AMR-Schicht angeordnet, wie im Anspruch 3 gekennzeichnet. Dadurch wird eine symmetrische Ausbildung der derart gebildeten Sensoreinrichtung erhalten, wobei der die AMR-Schicht durchfließende Magnetfluss insbesondere bei am Rand der kreisförmigen AMR-Schicht
- 10 angeordneten weiteren elektrischen Kontakte, entsprechend dem Anspruch 4, jeweils eine gleichlange Strecke der AMR-Schicht vom mittleren Kontakt zu den randseitigen Kontakten unabhängig von der Ausrichtung des äußeren Magnetfelds durchsetzt. Dabei sind die mehreren elektrischen Kontakte am Rand vorzugsweise äquidistant um den Umfang des Rands verteilt angeordnet. In einer vorteilhaften Ausgestaltung sind acht
- 15 elektrische Kontakte am Rand vorgesehen. Dies erlaubt eine hinreichend genaue Auflösung des Winkels zwischen dem äußeren Magnetfeld und einer gedachten Referenzachse der Sensoreinrichtung durch Extrapolation der Messergebnisse. Aufgrund der 180°-Periodizität der AMR-Schicht über den Winkel des äußeren Magnetfelds ist es besonders vorteilhaft, den durch jeweils zwei gegenüberliegende randseitige Kontakte
- 20 fließenden Strom zu addieren, um derart vier Differenz-Stromsignale zu erhalten. Ein erstes Stromsignal wird durch die durch die randseitigen Kontakte 1 und 5 fließenden Ströme erhalten, ein zweites Stromsignal durch die durch die Kontakte 2 und 6 fließenden Ströme, ein drittes Stromsignal durch die durch die Kontakte 3 und 7 fließenden Ströme und ein viertes Stromsignal durch die durch die Kontakte 4 und 8 fließenden
- 25 Ströme. Wird das dritte vom ersten und das vierte vom zweiten Differenz-Stromsignal abgezogen, so erhält man zwei weitere Stromsignale, die über einen 360°-Winkelbereich gesehen jeweils einen sinus- bzw. cosinusförmigen Verlauf entsprechend den Ausgangsspannungen einer bekannten Wheatstoneschen Brücke aufweisen. Aus diesen Signalen kann in ebenfalls bekannter Weise auf den Winkel α zwischen einem äußeren
- 30 Magnetfeld und der Sensoreinrichtung geschlossen werden.

In einer alternativen Ausgestaltung, die im Anspruch 5 angegeben ist, ist vorgesehen, dass die AMR-Schicht im Wesentlichen halbkreisförmig ausgebildet ist. Dadurch ist insbesondere eine Verkleinerung der Sensoreinrichtung durchführbar, da lediglich die Hälfte der Fläche eines vorstehend beschriebenen Vollkreises benötigt wird. Eine

5 halbkreisförmige Ausgestaltung der AMR-Schicht ist ausreichend, da wie vorstehend ausgeführt die AMR-Schicht eine 180°-Periodizität bezüglich des äußeren Magnetfelds aufweist.

Entsprechend der im Anspruch 6 angegebenen Ausgestaltung der AMR-Schicht ist auch

10 bei halbkreisförmiger Ausgestaltung der elektrischen Kontakt zum Anlegen eines Stroms im Mittelpunkt des zugehörigen Vollkreises bzw. in der Mitte der geraden Seite des Halbkreises der halbkreisförmigen AMR-Schicht angeordnet.

Des Weiteren ist, wie im Anspruch 7 gekennzeichnet, vorgeschlagen, dass mehrere

15 elektrische Kontakte am Rand der halbkreisförmigen AMR-Schicht angeordnet sind, insbesondere fünf elektrische Kontakte, die am halbkreisförmigen Rand der Schicht angeordnet und äquidistant zueinander verteilt sind. Somit ist eine hinreichende Auflösung des Winkels zwischen dem äußeren Magnetfeld und der Sensoreinrichtung möglich. Die vorstehend beschriebenen sinus- und cosinusförmigen Signale werden in

20 diesem Fall durch das Addieren der am ersten und fünften Kontakt abzüglich des am dritten Kontakt anliegenden Stroms bzw. durch das Subtrahieren des am vierten Kontakt von dem am zweiten Kontakt anliegenden Stroms erhalten.

Um die Messgenauigkeit des Magnetoresistiven Winkelsensors zu verbessern ist im

25 Anspruch 8 vorgeschlagen, dass die mehreren elektrischen Kontakte auf ein gleiches Potential gelegt sind, um eine Beeinflussung der an den Kontakten gemessenen Stromstärken zu vermeiden. Insbesondere sind alle elektrischen Kontakte auf Massepotential gelegt, so dass keine Fehlerströme fließen bzw. keine Fehlerspannungen anliegen.

Mit einer im Anspruch 9 angegebenen Ausgestaltung ist ein einfaches Herstellen der AMR-Schicht dem Fachmann möglich. Das Aufbringen einer Permalloy-Schicht auf ein Silizium-Trägersubstrat sowie deren Ausstattung mit elektrischen Kontakten kann vom Fachmann ausgeführt werden, wobei durch die vorstehend beschriebenen Ausgestaltungen der AMR-Schicht eventuell am Rand der AMR-Schicht auftretende Unter-
5 ätzungen der Permalloy-Schicht bei der Herstellung praktisch nicht ins Gewicht fallen und somit die Messergebnisse des Sensors nicht verfälscht werden.

Es versteht sich, dass derartige Sensoren in allen Gebieten der Technik einsetzbar sind, in denen eine Winkelmessung eines sich drehenden Objekts gewünscht ist. In besonders
10 vorteilhafter Weise werden derartige Sensoren jedoch entsprechend Anspruch 10 in der Kraftfahrzeugtechnik verwendet, um insbesondere eine Pedalstellung und/oder die Stellung einer Drosselklappe zur Leistungsregulierung eines Motors zu überwachen und zu steuern. Dabei ist die mit derartigen Sensoren erreichbare Winkelauflösung des
15 Winkels zwischen dem äußeren Magnetfeld und dem Sensor für die Anwendungen in der Kraftfahrzeugtechnik ausreichend.

Zwei Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachstehend anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

20

- Figur 1: einen AMR-Winkelsensor aus dem Stand der Technik,
- Figur 2: den berechneten Winkel α dieses Sensors,
- Figur 3: einen kreisförmigen AMR-Sensor,
- Figur 4: Stromsignale dieses Sensors,
- 25 Figur 5: einen halbkreisförmigen AMR-Sensor, und
- Figur 6: Stromsignale dieses Sensors.

Der in Figur 1 dargestellte AMR-Winkelsensor 10 besteht im Wesentlichen aus zwei um 45° zueinander versetzten Wheatstoneschen Brücken 11, 12, die jeweils aus vier
30 mäanderförmig ausgebildeten Widerständen 13 zusammengesetzt sind. Wird dieser

AMR-Winkelsensor 10 von einem externen Magnetfeld durchsetzt wird in bekannter Weise an den beiden Wheatstoneschen Brücken 11, 12 jeweils eine Ausgangsspannung $U_1 = U_0 \sin(2\alpha)$, $U_2 = U_0 \cos(2\alpha)$ induziert, wobei aus diesen Ausgangsspannungen mit Hilfe des bekannten CORDIC-Algorithmus der Winkel α zwischen äußerem Magnetfeld und dem AMR-Winkelsensor 10 bzw. einer Referenzachse im AMR-Winkelsensor 10 ermittelbar ist, wie in Figur 2 dargestellt.

In Figur 3 ist ein Magnetoresistiver Winkelsensor 100 dargestellt, der im Wesentlichen aus einer kreisförmigen AMR-Schicht 14, vorzugsweise einer Permalloy-Schicht auf einem Silizium-Trägersubstrat, besteht. Mittig ist ein Stromkontakt K_0 angeordnet, durch den ein Strom I in die AMR-Schicht 14 eingeleitet wird. Randseitig sind acht Kontakte K_1 bis K_8 äquidistant am Umfang der kreisförmigen AMR-Schicht 14 verteilt angeordnet, um jeweils einen Stromfluss zwischen dem mittigen Kontakt K_0 und einem randseitigen Kontakt K_i zu messen. Durch die 180° -Periodizität der AMR-Schicht 14 über den Winkel des äußeren Magnetfelds können die durch die sich gegenüberliegenden Kontakte fließenden Ströme addiert werden, um derart vier Stromsignale zu erhalten:

$$\begin{aligned} I_1 &= IK_1 + IK_5 \\ I_2 &= IK_2 + IK_6 \\ I_3 &= IK_3 + IK_7 \\ I_4 &= IK_4 + IK_8. \end{aligned}$$

Subtrahiert man I_3 von I_1 und I_4 von I_2 werden zwei neue Differenzsignale erhalten, die jeweils den gewünschten sinus- bzw. cosinusförmigen Verlauf über 360° aufweisen, wie in Figur 4 verdeutlicht. Mit dem an sich bekannten CORDIC-Algorithmus kann aus diesen Differenzsignalen wiederum der in Figur 2 dargestellte Zusammenhang zwischen dem Winkel α und dem äußeren Magnetfeld berechnet werden.

Mit der in Figur 5 dargestellten alternativen Ausführungsform ist eine Miniaturisierung des Magnetoresistiven Winkelsensors 100 ermöglicht, da die halbkreisförmige AMR-Schicht 15 weniger Platz beansprucht als eine vollkreisförmige AMR-Schicht 14. Am halbkreisförmigen Rand der AMR-Schicht 15 sind hier fünf Kontakte K_1 bis K_5 äquidistant verteilt angeordnet, um jeweils einen Stromfluss zwischen diesen Kontakten K_i und dem in der Mitte des geraden Randes der AMR-Schicht 15 angeordneten Kontakt K_0 zu erhalten. Die vorstehend beschriebenen sinus- oder cosinusförmigen Signale entstehen dann durch die Addition bzw. Subtraktion der verschiedenen Signale in nachfolgender Weise:

10

$$I_1 = IK_1 + IK_5 - IK_3$$

$$I_2 = IK_2 - IK_4.$$

15

Aus diesen in Figur 6 dargestellten Differenzsignalen kann ebenfalls mit Hilfe des bekannten CORDIC-Algorithmus der in Figur 2 dargestellte Verlauf des Winkels α über 360° erhalten werden.

Die vorstehend beschriebenen Operationen sind mit dem Fachmann bekannten elektronischen Baugruppen ausführbar.

20

BEZUGSZEICHENLISTE

	100	Magnetoresistiver Winkelsensor
5	10	AMR-Winkelsensor (Stand der Technik)
	11	Wheatstonesche Brücke
	12	Wheatstonesche Brücke
	13	mäanderförmiger Widerstand
	14	kreisförmige AMR-Schicht
10	15	halbkreisförmig AMR-Schicht
	K_0	mittiger Stromkontakt
	K_i	randseitige Stromkontakte, $i = 1$ bis 8
	α	Winkel zwischen einem Magnetfeld und einer Sensoreinrichtung
	I	Stromstärke
15	U	Spannung

PATENTANSPRÜCHE

1. Magnetoresistiver Winkelsensor (100) mit einer Sensoreinrichtung zur Erfassung eines Winkels (α) eines äußeren Magnetfelds relativ zu einer Referenzachse der Sensoreinrichtung,
dadurch gekennzeichnet,
- 5 dass die Sensoreinrichtung eine flächige AMR-Schicht (14, 15) mit einem elektrischen Kontakt (K_0) zum Anlegen eines Stroms (I) und mehrere elektrische Kontakte (K_i) zum Messen eines Stromflusses durch die AMR-Schicht (14, 15) umfasst.
2. Magnetoresistiver Winkelsensor nach Anspruch 1,
10 dadurch gekennzeichnet,
 dass die Sensoreinrichtung eine kreisförmige AMR-Schicht (14) ist.
3. Magnetoresistiver Winkelsensor nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
- 15 dass der elektrische Kontakt (K_0) zum Anlegen eines Stroms (I) im Mittelpunkt der kreisförmigen AMR-Schicht (14) angeordnet ist.
4. Magnetoresistiver Winkelsensor nach Anspruche 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet,
- 20 dass mehrere elektrische Kontakte (K_i) am Rand der kreisförmigen AMR-Schicht (14) äquidistant angeordnet sind, insbesondere acht Stück.
5. Magnetoresistiver Winkelsensor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
- 25 dass die Sensoreinrichtung eine halbkreisförmige AMR-Schicht (15) ist.

6. Magnetoresistiver Winkelsensor nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass der elektrische Kontakt (K_0) zum Anlegen eines Stroms (I) im Mittelpunkt eines
5 zugehörigen Vollkreises angeordnet ist.
7. Magnetoresistiver Winkelsensor nach Anspruch 5 oder 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass mehrere elektrische Kontakte (K_i) am halbkreisförmigen Rand der
10 halbkreisförmigen AMR-Schicht (15) äquidistant angeordnet sind, insbesondere fünf
Stück.
8. Magnetoresistiver Winkelsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
15 dass die mehreren elektrischen Kontakte (K_i) auf ein gleiches Potential gelegt sind,
insbesondere auf ein Massepotential.
9. Magnetoresistiver Winkelsensor nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet,
20 dass die AMR-Schicht (14, 15) eine Permalloy-Schicht ist, insbesondere diese auf ein
Silizium-Trägersubstrat aufgebracht ist.
10. Verwendung eines Magnetoresistiven Winkelsensors (100) nach einem der
Ansprüche 1 bis 9 in der Kraftfahrzeugtechnik, insbesondere zur Überwachung einer
25 Pedalstellung und/oder einer Drosselklappenstellung.

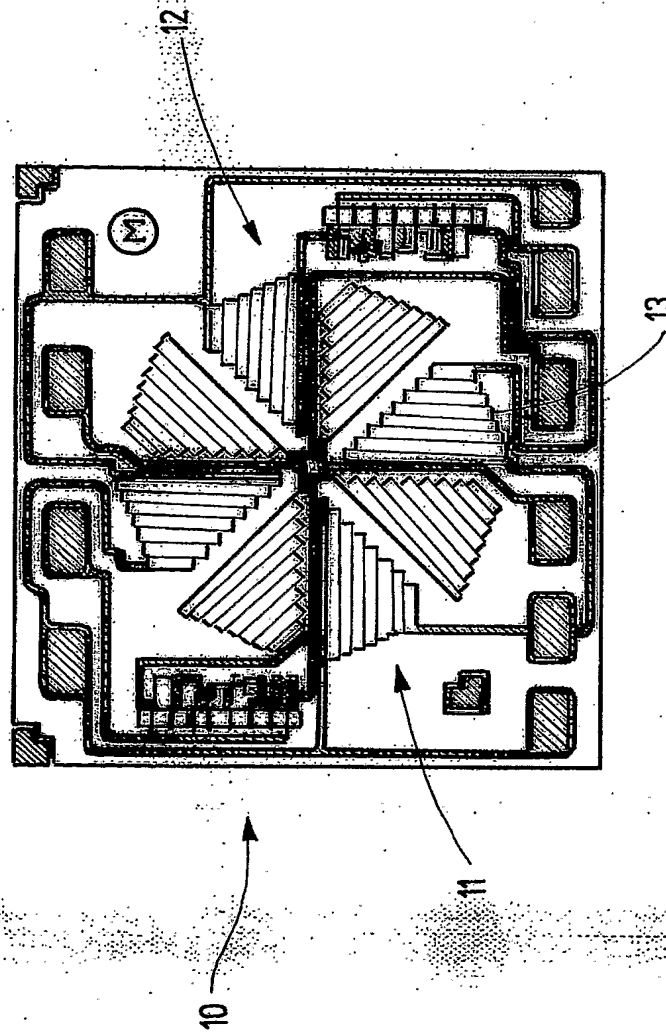
ZUSAMMENFASSUNG

AMR-Sensorelement zur Winkelmessung

Um einen Magnetoresistiven Winkelsensor (100) mit einer Sensoreinrichtung zur Erfassung eines Winkels (α) eines äußeren Magnetfelds relativ zu einer Referenzachse der Sensoreinrichtung zu schaffen, der eine Messung des Winkels (α) ermöglicht, ohne
5 dass ein Messergebnis durch Herstellungsfehler beeinflusst ist, wird vorgeschlagen, dass die Sensoreinrichtung eine flächige AMR-Schicht (14, 15) mit einem elektrischen Kontakt (K_0) zum Anlegen eines Stroms (I) und mehrere elektrische Kontakte (K_i) zum Messen eines Stromflusses durch die AMR-Schicht (14, 15) umfasst.

10

Fig. 3



Stand der Technik
Fig.1

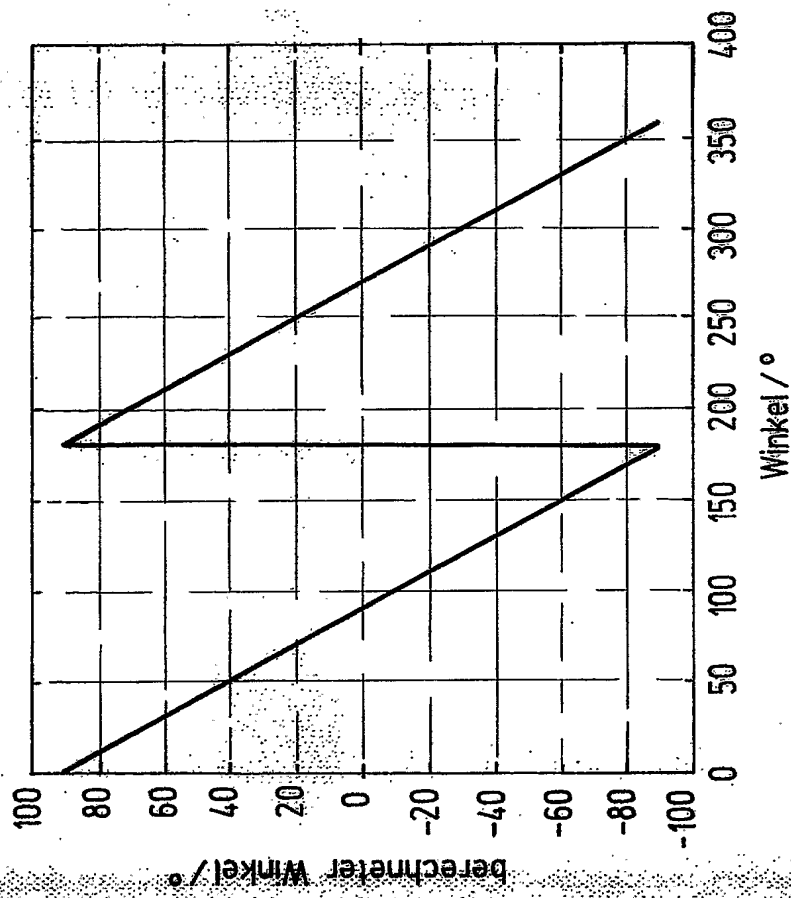


Fig.2

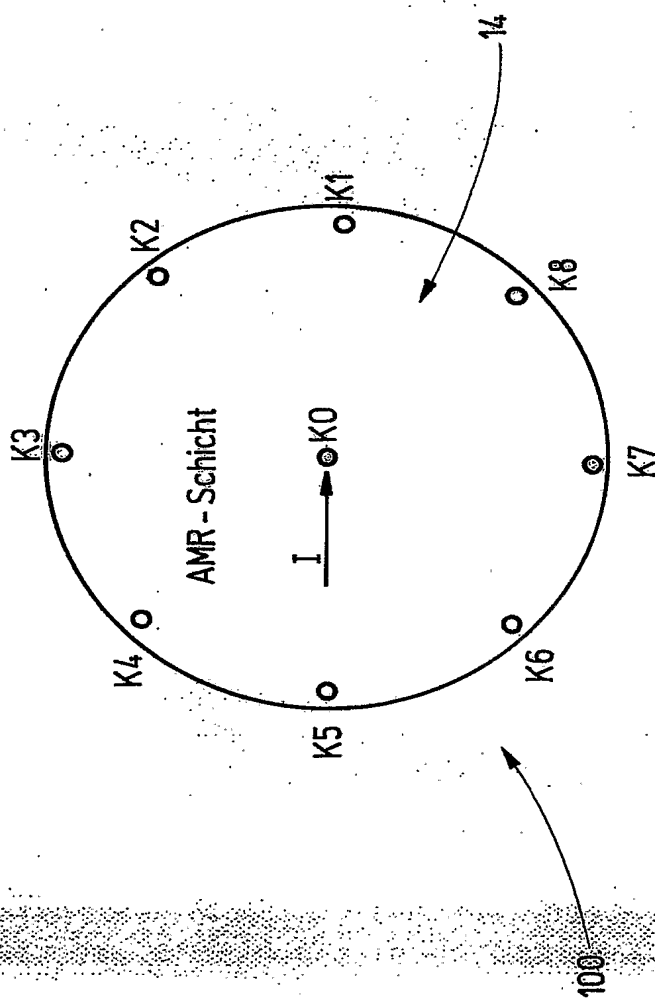


Fig.3

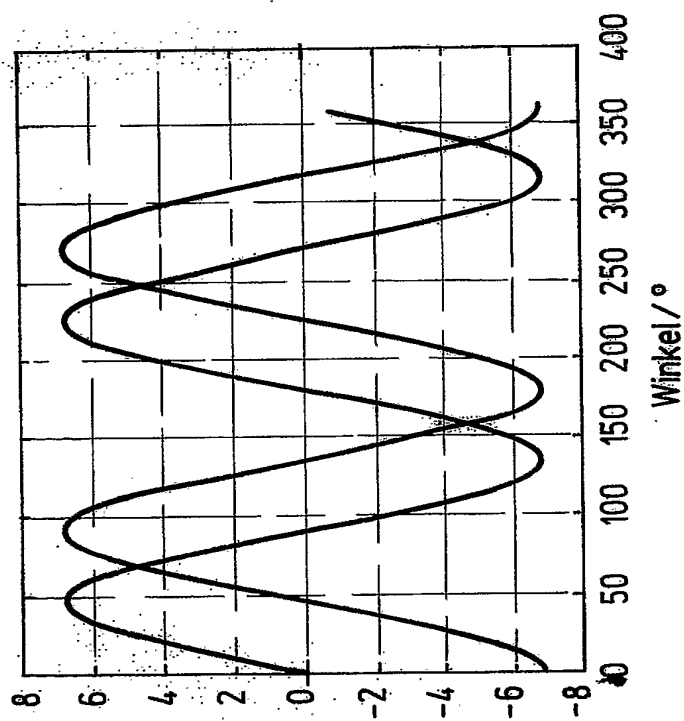


Fig.4

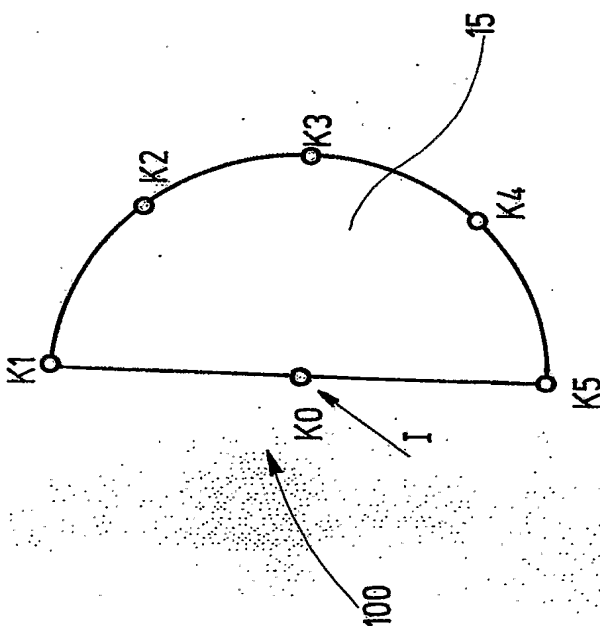


Fig.5

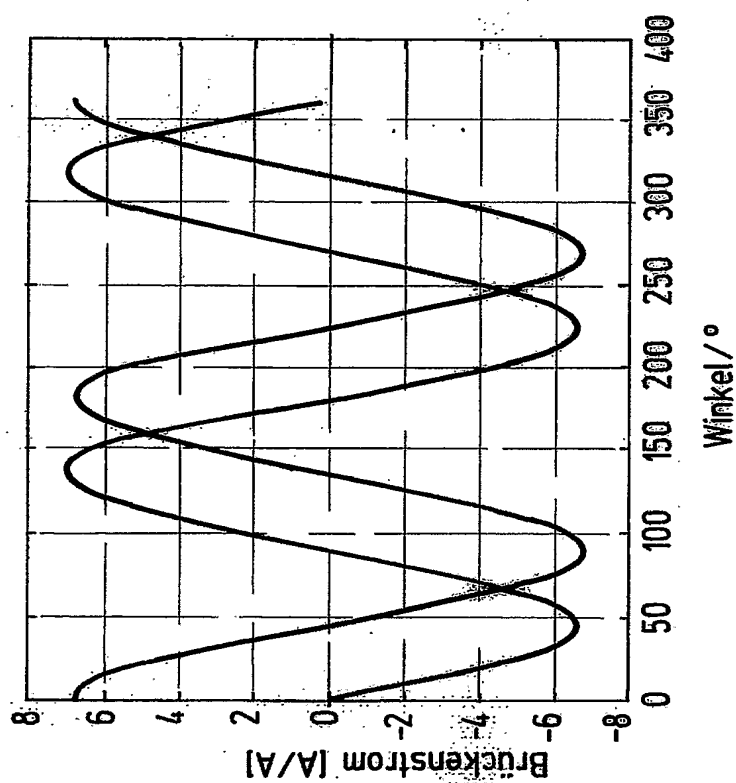


Fig.6

PCT/IB2004/052863

